



# Implementasi *Multiprotocol Label Switching* Untuk Optimalisasi Kinerja Jaringan Pada Kantor

Palindungan Tampubolon<sup>1</sup>, EE Lailatul Putri<sup>2</sup>, Panji Wijonarko<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, 14350, Indonesia

<p><b>INFORMASI ARTIKEL</b></p>	<p><b>A B S T R A K</b></p>
<p>Received: August 06, 2024 Revised: October 02, 2024 Available online: Nopember 11, 2024</p>	<p><i>Multiprotocol Label Switching (MPLS) telah menjadi teknologi penting dalam arsitektur jaringan modern karena kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi transmisi data, meningkatkan pemanfaatan bandwidth, dan menyediakan solusi yang dapat diskalakan untuk infrastruktur jaringan yang kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan data yang mendalam bagi para insinyur jaringan dan pengambil keputusan untuk mendukung penerapan MPLS dalam mengoptimalkan kinerja jaringan dan memenuhi tuntutan konektivitas modern yang terus meningkat. Penelitian ini membahas alasan-alasan penting untuk menggunakan MPLS di lingkungan jaringan, menyoroti manfaatnya seperti pengurangan latensi, peningkatan Quality of Service (QoS), dan kemampuan rekayasa lalu lintas yang ditingkatkan. Melalui simulasi komprehensif menggunakan Packet Tracer Cisco, kami mendemonstrasikan konfigurasi, implementasi, dan keunggulan kinerja MPLS dibandingkan perutean IP tradisional. Hasil simulasi menggarisbawahi kinerja MPLS yang unggul dalam hal kecepatan, keandalan, dan manajemen sumber daya yang efisien, sehingga menjadi alasan yang kuat untuk pengadopsiannya di jaringan perusahaan dan penyedia layanan. Meskipun MPLS menawarkan banyak keuntungan, teknologi ini juga memiliki beberapa kelemahan seperti biaya implementasi yang tinggi dan kebutuhan akan keterampilan teknis yang lebih mendalam untuk konfigurasi dan manajemen jaringan.</i></p> <p>Kata kunci— MPLS, Teknologi, Arsitektur Jaringan, Simulasi Jaringan, QOS</p>
<p><b>CORRESPONDENCE</b></p>	<p><b>A B S T R A C T</b></p>
<p>E-mail: parlindungan.tampubolon@uta45jakarta.ac.id</p>	<p><i>Multiprotocol Label Switching (MPLS) has become a crucial technology in modern network architecture due to its ability to enhance data transmission efficiency, improve bandwidth utilization, and provide scalable solutions for complex network infrastructures. This study aims to provide in-depth data for network engineers and decision-makers to support the implementation of MPLS in optimizing network performance and meeting the ever-growing demands of modern connectivity. The research discusses key reasons for using MPLS in network environments, highlighting its benefits such as reduced latency, improved Quality of Service (QoS), and enhanced traffic engineering capabilities. Through comprehensive simulations using Cisco Packet Tracer, we demonstrate the configuration, implementation, and performance advantages of MPLS over traditional IP routing. The simulation results underscore MPLS's superior performance in terms of speed, reliability, and efficient resource management, making a strong case for its adoption in enterprise and service provider networks. However, despite its numerous advantages, MPLS also presents certain drawbacks, such as high implementation costs and the need for deeper technical skills in network configuration and management.</i></p> <p>Keywords- MPLS, technology, Network Architecture, Network Simulation, QOS</p>

## I. PENDAHULUAN

Jaringan merupakan dua atau lebih *device* yang saling terhubung dan memungkinkan pengguna berbagi informasi dan data [1]. *Multiprotocol Label Switching* (MPLS) adalah

teknologi jaringan yang mengarahkan data dari satu *node* ke *node* lainnya berdasarkan label pendek yang melekat pada paket data, alih-alih alamat jaringan yang panjang, sehingga mengurangi *overhead* dan mempercepat proses transmisi.

MPLS merupakan teknologi jaringan *backbone* berkecepatan tinggi yang menggabungkan keunggulan sistem komunikasi *Circuit-switched* dan *packet switched* dengan mekanisme pertukaran label lapisan dua dan perutean lapisan tiga untuk mempercepat pengiriman paket [2]. Sejak diperkenalkan, MPLS telah berkembang menjadi solusi andalan dalam mengelola lalu lintas jaringan, terutama di lingkungan yang kompleks seperti penyedia layanan internet (ISP) dan perusahaan besar [3].

Prinsip kerja MPLS adalah dengan menggabungkan kecepatan *Switching* pada lapisan data *link* dengan kemampuan *routing* dan skalabilitas pada lapisan *network* [4]. *Routing* mengacu pada proses pemilihan jalur dalam pengiriman paket, dan router merupakan suatu perangkat yang melakukan tugas tersebut [5]. Mekanisme MPLS dengan memberikan label pada setiap paket yang dikirim melalui jaringan MPLS yang berisi informasi [6]. MPLS banyak digunakan dalam jaringan *backbone* ISP untuk mengoptimalkan pengalihan data antar pusat data dan meningkatkan kinerja aplikasi berbasis *cloud* [7]. Dalam perusahaan besar, MPLS memungkinkan integrasi berbagai kantor cabang dengan jaringan pusat yang aman dan efisien, mendukung berbagai aplikasi bisnis kritis [8].

Keunggulan utama MPLS terletak pada kemampuannya untuk menyediakan pengalihan yang efisien, kualitas layanan (QoS) yang terjamin, dan dukungan untuk jaringan virtual pribadi (VPN). VPN Teknologi ini mampu mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi oleh metode *routing* tradisional, seperti ketidakmampuan untuk menjamin jalur transmisi yang optimal dan sulitnya mengelola trafik jaringan yang padat dan beragam [7]. MPLS bekerja dengan menambahkan label ke paket data saat mereka memasuki jaringan MPLS. Label ini kemudian digunakan untuk membuat keputusan pengalihan cepat tanpa perlu memeriksa header IP paket [8]. Ini sangat meningkatkan efisiensi pengalihan dibandingkan metode *routing* tradisional yang bergantung pada tabel *routing* IP yang besar dan kompleks [8]. Mengurangi latensi jaringan hingga 30% dan meningkatkan *uptime* jaringan hingga 99.99% [7].

Dalam penulisan ini, peneliti akan melakukan simulasi menggunakan *tools* Packet Tracer terkait implementasi MPLS pada Perusahaan dan cabang nya. Secara mendalam metode penggunaan MPLS, termasuk prinsip dasar operasionalnya, keuntungan dan kelemahan yang ditawarkannya, serta aplikasi praktisnya dalam berbagai skenario jaringan. Juga akan mengkaji studi kasus yang menunjukkan implementasi MPLS di dunia nyata dan bagaimana teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja jaringan. Desain MPLS ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan jaringan modern yang kompleks dan terus berkembang.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Arnita dan Farid (2020) merupakan usaha untuk mengumpulkan informasi agar dapat mengoptimalkan *network* VPN dengan menggunakan konsep *network* MPLS/VPLS serta rekayasa *network traffic*. Konsep MPLS *network*

diterapkan dan digunakan di PT. Bank Nagari Sumbar menggunakan CISCO router [9].

Penelitian yang dilakukan oleh Restian dan Asmunin (2019) melakukan implementasi MPLS-Diffserv untuk melihat QoS dari FTP (*File Transfer Protocol*) dan video *streaming*. Dengan penambahan mekanisme *Differentiated Service* (Diffserv) dalam *Multi Protocol Label Switching* (MPLS) maka dapat memberikan performansi QoS yang terjamin dan memberikan solusi komunikasi yang lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan pengguna [10].

Penelitian terdahulu oleh Marina Saraswati dkk (2020) menerapkan teknologi MPLS menggunakan autentikasi pada *routing protocol*. Diharapkan teknologi ini bisa memberikan suatu metode akses jaringan yang aman dan cepat dengan sistem keamanan yang tinggi [11].

Penelitian terdahulu oleh Zahra dkk (2017) menerapkan teknologi MPLS pada router mikrotik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konfigurasi *routing* OSPF dan MPLS serta mencari tahu cara kerja jaringan MPLS pada router mikrotik dengan menggunakan *Video stream* sebagai layanan pendukung [12].

### 2.2 Tujuan desain *Multiprotocol Label Switching* (MPLS)

Adapun tujuan dari desain *Multiprotocol Label Switching* (MPLS) adalah sebagai berikut:

#### 1. Meningkatkan Efisiensi Pengalihan Data

Salah satu tujuan utama MPLS adalah meningkatkan efisiensi pengalihan data dalam jaringan. Dengan menggunakan label untuk mengarahkan paket data, MPLS mengurangi waktu pemrosesan yang dibutuhkan dibandingkan dengan metode *routing* tradisional yang bergantung pada tabel *routing* IP yang besar dan kompleks [8]. Ini memungkinkan jaringan untuk mengalirkan data dengan lebih cepat dan efisien, yang sangat penting dalam lingkungan dengan trafik tinggi.

#### 2. Menjamin Kualitas Layanan (QoS)

MPLS dirancang untuk mendukung berbagai tingkat kualitas layanan (QoS), yang memungkinkan penyedia layanan untuk memberikan jaminan kinerja tertentu bagi aplikasi penting. QoS adalah kemampuan untuk memberikan jaminan resource dan diferensiasi layanan dalam jaringan [13][14]. Dengan kemampuan untuk menetapkan prioritas dan mengelola bandwidth, MPLS memastikan bahwa aplikasi yang memerlukan latensi rendah, jitter minimal, dan kehilangan paket yang rendah dapat beroperasi dengan optimal [7]. Hal ini sangat penting untuk aplikasi real-time seperti VoIP dan video *conferencing*.

#### 3. Mendukung Jaringan Virtual Pribadi (VPN)

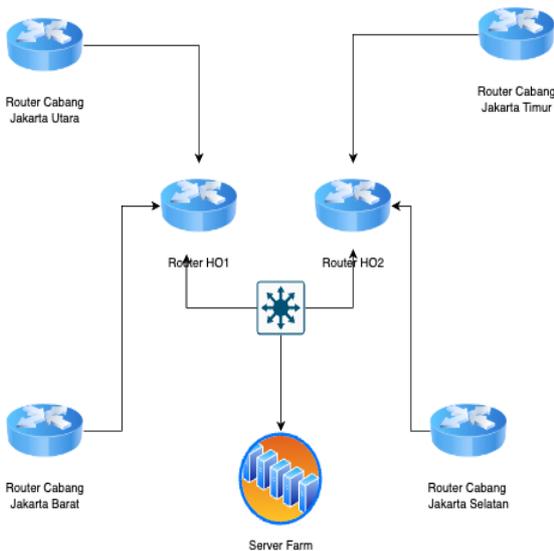
MPLS memungkinkan pembuatan jaringan virtual pribadi (VPN) yang aman dan terisolasi di atas infrastruktur jaringan yang ada. VPN adalah sebuah jaringan *private* yang menghubungkan satu node jaringan dengan node lainnya menggunakan jaringan publik (*internet*) dan data akan di bungkus serta dienkripsi agar aman [5]. Ini memberikan fleksibilitas bagi perusahaan untuk menghubungkan berbagai lokasi geografis dengan cara yang aman dan terjamin, tanpa perlu membangun jaringan fisik yang terpisah [15]. MPLS VPN memungkinkan perusahaan untuk

mengelola jaringan mereka secara lebih efisien dan hemat biaya.

4. Menyederhanakan Manajemen Jaringan  
 Dengan menggunakan MPLS, manajemen jaringan menjadi lebih sederhana dan terpusat. MPLS memungkinkan *administrator* jaringan untuk mengkonfigurasi dan mengelola jaringan dari satu titik pusat, mengurangi kompleksitas dan potensi kesalahan konfigurasi yang sering terjadi pada jaringan yang menggunakan banyak protokol routing [3]. Ini juga mempermudah pengelolaan jalur transmisi dan pemeliharaan jaringan.
5. Mendukung Pertumbuhan dan Skalabilitas Jaringan  
 MPLS dirancang untuk mendukung pertumbuhan dan skalabilitas jaringan. Teknologi ini mampu menangani peningkatan jumlah pengguna dan volume trafik tanpa penurunan kinerja yang signifikan. Ini memungkinkan penyedia layanan dan perusahaan untuk memperluas jaringan mereka seiring dengan pertumbuhan bisnis dan peningkatan kebutuhan akan kapasitas jaringan [3].
6. Meningkatkan Keandalan dan *Uptime* Jaringan  
 MPLS meningkatkan keandalan dan *uptime* jaringan dengan menyediakan jalur alternatif dan kemampuan untuk secara cepat mengalihkan trafik saat terjadi gangguan atau kegagalan pada jalur utama. Fitur ini, yang dikenal sebagai *Fast Reroute* (FRR), memastikan bahwa jaringan tetap operasional dan mengurangi waktu henti yang dapat mengganggu operasi bisnis [2].

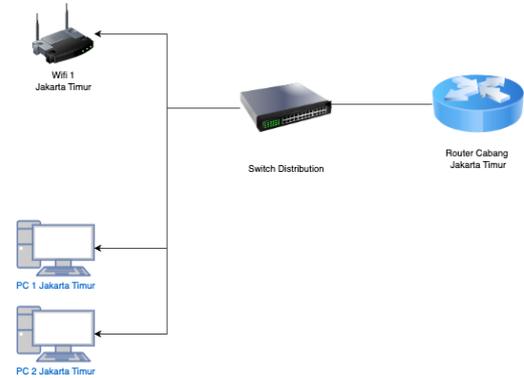
### III. METODE PENELITIAN

Implementasi *Multiprotocol Label Switching* (MPLS) ini menggunakan metode simulasi. Simulasi menggunakan *software* Packet Tracer. Metode simulasi digunakan untuk memodelkan dan menguji desain topologi jaringan perusahaan yang akan diimplementasikan, sebelum benar benar diterapkan dalam lingkungan nyata. Berikut adalah desain topologi yang akan di propose terhadap perusahaan dengan memiliki empat cabang dan satu *head Office* (HO).



Gambar 1. *Topology* Router antar Cabang

Pada diagram topologi gambar 1. di *design* menggunakan 6 router. Dimana setiap router merupakan koneksi terhadap cabang dari Perusahaan tersebut. Koneksi terhadap akses ke server HO akan lebih stabil dan lebih cepat, jika dibandingkan menggunakan koneksi menggunakan internet dengan proses akses nya menggunakan routing berbeda dari masing-masing ISP. *Switch* L3 ditambahkan untuk redundansi dari 2 router HO, menghindari jika ada *failure* disalah satu perangkat yang membuat koneksi terhadap server terputus. Oleh karena itu menggunakan switch L3 yang mampu melakukan routing dan fungsi switch distribusi ke server farm.



Gambar 2. *Topology* internal Cabang

*Topology* pada gambar 2. merupakan bentuk koneksi yang akan didesain jika proses MPLS antar cabang berhasil *disetup*. Pada simulasi ini juga ditambahkan bagaimana setiap cabang mendapatkan IP melalui server yang berada di server *HeadOffice*. Setiap koneksi menuju kesetiap cabang, akan di setup dengan bentuk diagram yang sama seperti gambar 2.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan ini akan dijelaskan mengenai hasil *Multiprotocol label switching* (MPLS) untuk Optimalisasi Kinerja Jaringan pada Kantor Cabang. Berikut hasil dan pembahasan implementasi MPLS.

#### A. Detail Aliran Data

Berikut dijelaskan detail aliran data yang dibagi menjadi empat aliran yaitu sebagai berikut.

1. Pengiriman Paket Data: Ketika paket data dikirim dari kantor pusat ke salah satu cabang, paket tersebut terlebih dahulu mencapai *Customer Edge* (CE) router di kantor pusat. CE router menambahkan label MPLS ke paket tersebut dan mengirimkannya ke *Provider Edge* (PE) router.
2. Routing Berdasarkan Label: PE router membaca label MPLS dan menggunakan informasi ini untuk meneruskan paket melalui jaringan inti MPLS. Paket mungkin melewati beberapa P router yang hanya menggunakan label MPLS untuk forwarding, tanpa perlu memeriksa header IP asli.
3. Pengiriman ke Cabang Tujuan: Ketika paket mencapai PE router yang terhubung ke cabang tujuan, PE router menghapus label MPLS dan meneruskan paket ke CE router di cabang tersebut.

4. Penerimaan di Cabang: CE router di cabang tujuan menerima paket dan mengirimkannya ke perangkat tujuan dalam jaringan internal cabang tersebut.

**B. Detail Konfigurasi dan Fungsi *Command***

Detail konfigurasi digambarkan seperti pada gambar 3. berikut.

Nama Branch	IP Branch	IP Segment	IP Local Branch	INT KCU	INT KCP	Hostname
Jakarta Pusat	1.1.1.1 6.6.6.6	10.10.10.0/24				RTR-KCU-JAKPUS RTR-KCU-JAKPUS 2
Jakarta Timur	2.2.2.2	10.10.20.0/24	192.168.10.0/24	Se0/3/0	Se0/3/0	RTR-KCU-JAKTIM
Jakarta Barat	3.3.3.3	10.10.30.0/24	192.168.20.0/24	Se0/2/0	Se0/3/0	RTR-KCU-JAKBAR
Jakarta Utara	4.4.4.4	10.10.40.0/24	192.168.30.0/24	Se0/2/1	Se0/3/0	RTR-KCU-JAKUT
Jakarta Selatan	5.5.5.5	10.10.50.0/24	192.168.40.0/24	Se0/3/1	Se0/3/0	RTR-KCU-JAKSEL

DNS & DHCP Server	IP
	172.2.23.3
	172.2.24.2

**Gambar 3. IP Address**

```
hostname RTR-KCU-JAKPUS
int lo1
ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
no shutdown
int gig0/0
ip address 172.2.24.1 255.255.255.0
no shutdown
int gig0/1
ip address 20.20.20.2 255.255.255.252
no shutdown
int se0/3/0
bandwidth 64
ip address 10.10.20.1 255.255.255.0
no shutdown
int se0/3/1
bandwidth 64
ip address 10.10.30.1 255.255.255.0
no shutdown
router ospf 10
```

**Gambar 4. Konfigurasi Router HO1**

```
hostname RTR-KCU-JAKPUS2
int lo1
ip address 6.6.6.6 255.255.255.255
int gig0/0
ip address 172.2.23.1 255.255.255.0
int gig0/1
ip address 20.20.20.1 255.255.255.252
int se0/2/0
bandwidth 64
ip address 10.10.30.1 255.255.255.0
clock rate 2000000
int se0/3/0
bandwidth 64
ip address 10.10.20.1 255.255.255.0
clock rate 2000000
router ospf 10
network 10.10.20.0 0.0.0.255 area 0
network 10.10.30.0 0.0.0.255 area 0
network 10.10.40.0 0.0.0.255 area 0
network 10.10.50.0 0.0.0.255 area 0
network 1.1.1.1 0.0.0.0 area 0
network 172.2.23.0 0.0.0.255 area 0
network 6.6.6.6 0.0.0.0 area 0
network 20.20.20.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.0.0 0.0.0.255 area 0
router rip
version 2
network 10.0.0.0
network 20.0.0.0
network 172.2.0.0
network 192.168.20.0
network 192.168.30.0
network 192.168.40.0
network 192.168.50.0
no auto-summary
end
wr mem
```

**Gambar 5. Router HO2**

```
hostname RTR-KCU-JAKTIM
interface lo1
ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
interface GigabitEthernet0/0
ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
ip helper-address 172.2.23.3
ip helper-address 172.2.24.2
interface Serial0/3/0
ip address 10.10.20.2 255.255.255.0
clock rate 2000000
interface Serial0/3/1
ip address 11.11.12.1 255.0.0.0
clock rate 2000000
router ospf 10
network 2.2.2.2 0.0.0.0 area 0
network 10.10.20.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0
router rip
version 2
network 10.0.0.0
network 192.168.10.0
network 192.168.20.0
no auto-summary
end
wr mem
```

**Gambar 6. Router cabang 1**

```

hostname RTR-KCU-JAKBAR
int lo1
ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
int gig0/0
ip address 192.168.20.1 255.255.255.0
ip helper-address 172.2.23.3
ip helper-address 172.2.24.2
int se0/3/0
ip address 10.10.30.2 255.255.255.0
clock rate 2000000
int se0/3/1
no ip address
clock rate 2000000
router ospf 10
network 3.3.3.3 0.0.0.0 area 0
network 10.10.30.0 0.0.0.255 area 0
network 172.2.23.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.20.0 0.0.0.255 area 0
network 172.2.24.0 0.0.0.255 area 0
network 20.0.0.0 0.0.0.255 area 0
router rip
version 2
network 10.0.0.0
network 20.0.0.0
network 172.2.0.0
network 192.168.20.0
no auto-summary
end
wr mem
    
```

Gambar 7. Router cabang 2

```

hostname RTR-KCU-JAKSEL
int lo1
ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
int gig0/0
ip address 192.168.40.1 255.255.255.0
ip helper-address 172.2.23.3
ip helper-address 172.2.24.2
int se0/3/0
ip address 10.10.50.2 255.255.255.0
clock rate 2000000
router ospf 1
network 5.5.5.5 0.0.0.0 area 0
network 10.10.50.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.40.0 0.0.0.255 area 0
network 1.168.40.0 0.0.0.255 area 92
router rip
version 2
network 10.0.0.0
network 192.168.40.0
no auto-summary
end
wr mem
    
```

Gambar 9. Router cabang 4

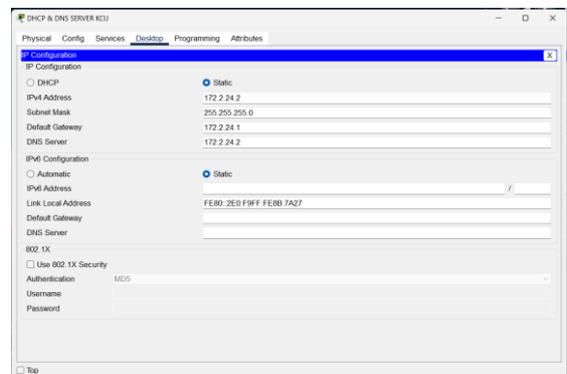
### C. DHCP dan DNS Server KCU

DHCP & DNS Server:

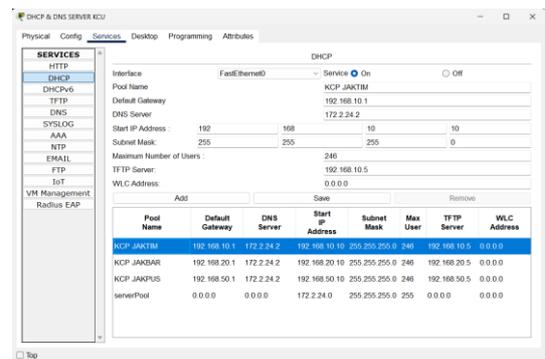
```

hostname RTR-KCU-JAKUT
int lo1
ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
int gig0/0
ip address 192.168.30.1 255.255.255.0
ip helper-address 172.2.23.3
ip helper-address 172.2.24.2
int se0/3/0
ip address 10.10.40.2 255.255.255.0
clock rate 64000
router ospf 10
network 4.4.4.4 0.0.0.0 area 0
network 10.10.40.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0
router rip
version 2
network 10.0.0.0
network 192.168.30.0
no auto-summary
end
wr mem
    
```

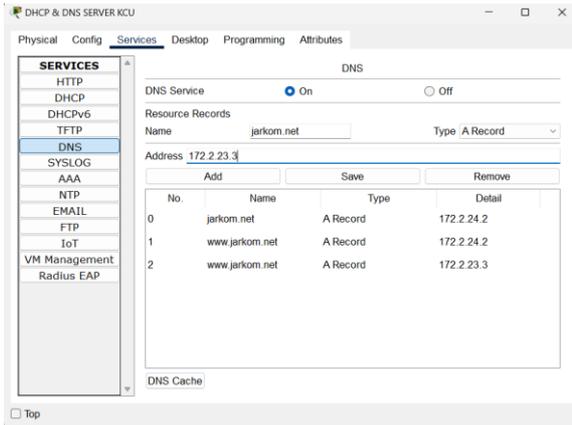
Gambar 8. Router cabang 3



Gambar 10. Config IP

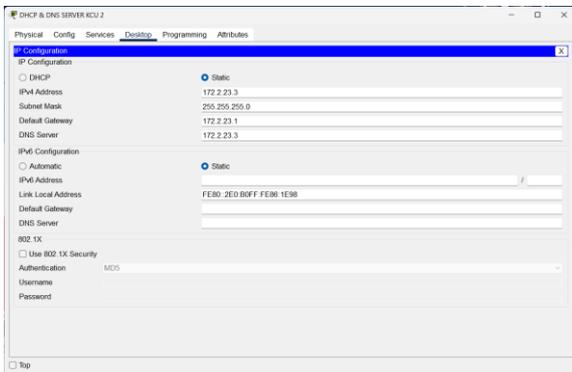


Gambar 11. Setup DHCP Server

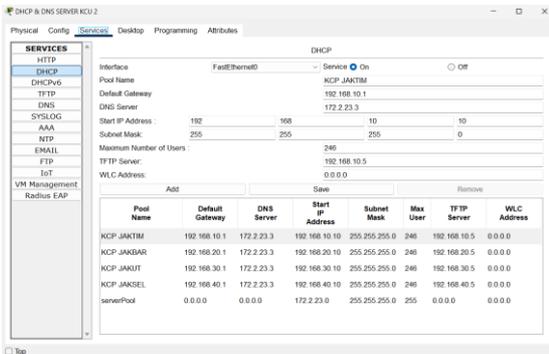


Gambar 11. Setup DHCP Server

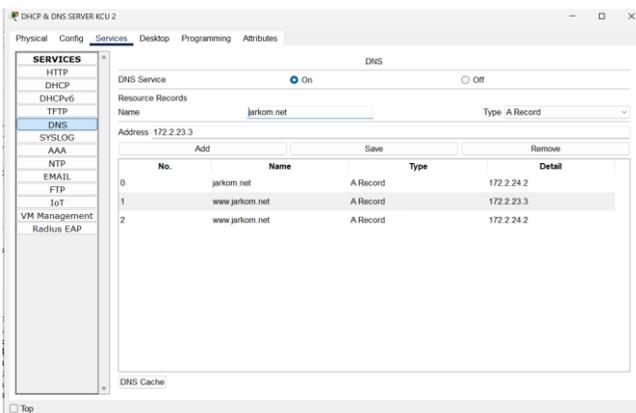
D. DHCP dan DNS Server KCU 2  
DHCP dan DNS Server



Gambar 12. Config IP



Gambar 13. Setup DHCP Server



Gambar 14. Setup DNS Server

Command	Fungsi
En	Masuk Ke Mode Root / Privilage.
ex	Keluar dari menu konfigurasi.
end	Keluar dari mode konfigurasi yang sedang berlangsung.
Conf T	Masuk ke Mode Konfigurasi Terminal.
Int	Masuk ke konfigurasi interface, <b>int fa0/0, int gig0/0, int se0/3/0.</b>
Ip add	Konfigurasi ip address dan subnetmask.
bandwidth	Konfigurasi bandwidth spesifik pada interface.
Router ospf	Mengaktifkan fungsi ospf.
Ip helper-address	Mengaktifkan fungsi bagi router untuk meneruskan DHCP dari server.
Clock Rate	Set clock rate pada interface serial
Router rip	Mengaktifkan RIP Routing.
No Auto Summary	Menonaktifkan fungsi Auto Summary pada RIP Routing.
Sh run	Menampilkan konfigurasi yang sedang berjalan.
Sh start	Menampilkan konfigurasi yang akan berjalan setelah router di restar.
Wr mem	Menyimpan file konfigurasi.

Gambar 15. Fungsi command pada Packet Tracer

V. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai implementasi *Multiprotocol label switching* (MPLS) untuk Optimalisasi Kinerja Jaringan pada Kantor Cabang. Dapat disimpulkan bahwa meskipun MPLS menawarkan banyak keuntungan, teknologi ini juga memiliki beberapa kelemahan seperti biaya implementasi yang tinggi dan kebutuhan akan keterampilan teknis yang lebih mendalam untuk konfigurasi dan manajemen jaringan. Selain itu, MPLS tidak selalu menjadi pilihan terbaik untuk semua jenis jaringan, terutama yang memiliki topologi sederhana dan trafik yang ringan.

REFERENSI

- [1] Marcus, R., D., Saputro, R., A., & Pamuji, F. (2020). Optimasi Jaringan Routing *Open Shortest Path First* dengan Menggunakan *Multiprotocol Label Switching*. *Jurnal Riset dan Konseptual*. Vol. 5 (3). Hal 612-618.
- [2] Fathurrahmad, Yusuf, S., Iqbal, T. & Salam, A. (2020). *Virtual Private Network (VPN) Network Design For Multiprotocol Label Switching (MPLS) Networks*. *International Journal of Scientific & Technology Research*. Vol. 9 (1). Hal 105-108.
- [3] E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon. (2001). RFC 3031, "Multiprotocol Label Switching Architecture," RFC 3031.
- [4] Zuqhra, A., A. & Rosyid, Rohman. (2018). Implementasi dan Analisis Metode *Hierarchical Token Bucket* dan *Per Connection Queue* pada Jaringan *Multiprotocol Label Switching Traffic Engineering* untuk Layanan *Voice Over Internet Protocol*. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Infomasi*. Vol. 4 (3). Hal 465-477.

- [5] Fathurrahmad & Yusuf, Salman (2019). Implementasi Jaringan VPN dengan *Routing Protocol* terhadap Jaringan *Multiprotocol Label Switching (MPLS)*. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*. Vol. 3 (1). Hal 29-33.
- [6] Taruk, Medi., Wati, Masna., & Maria, Eny. (2018). Model Optimasi Routing Protocol OSPF pada Jaringan Wireless Mesh dengan MPLS Traffic Engineering. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*. Vol. 13 (2). Hal 46-50.
- [7] Guichard, Jim. (2002). "Definitive MPLS Network Designs." Cisco Press.
- [8] De Ghein, Luc. (2016). "MPLS Fundamentals." Cisco Press.
- [9] Anita & Farid, Muhammad. (2020). Implementasi Jaringan Virtual Private Network dengan Teknologi Multi Protocol Label Switching (MPLS). *Jurnal Riset Tindakan Indonesia*. Vol. 5 (2). Hal 28-40.
- [10] Hanifia, Restian & Asmunin. (2019). Penerapan Quality Of Service (QoS) Differentiated Service pada Jaringan Multi Protocol Label Switching (MPLS). *Jurnal Manajemen Informatika*. Vol. 9 (2). Hal 1-7.
- [11] Saraswati, M., Iqbal, M., & Irawati, I., D. (2020). Implementasi Dan Analisis Jaringan Mpls Menggunakan Algoritma Sha Sebagai Keamanan Jaringan Padakomunikasi Voip. *E-Proceeding of Applied Science*. Vol. 6 (3). Hal 3754-3774.
- [12] Vonny, Z., Hafiddudin, & Mulyana, Asep. (2017). IMPLEMENTASI TEKNOLOGI MPLS MENGGUNAKAN ROUTING PROTOKOL OSPF PADA DI ROUTER MIKROTIK. *E-Proceeding of Applied Science*. Vol. 3 (3). Hal 2110-2120.
- [13] Nurhaida, Ida and Ichsan. (2020). *Congestion Control* pada Jaringan Komputer Berbasis *Multiprotocol Label Switching (MPLS)*. *Jurnal SIMETRIS*. Vol. 11 (1). Hal 77-88.
- [14] Othman Az, Rahman Ra, Md Zan Mm, Yusof Mi. (2012). *The Effect Of Qos Implementation In Mpls Network*. *Ieee Symp Wirel Technol Appl Iswta*. 321-326.
- [15] E. Rosen, Y. Rekhter, Fe. (2006). "BGP/MPLSIP Virtual Private Networks (VPNs). RFC 4364,.